7/16/73 .70 Heak
2252/1048
272/971

SEPARAT-ABDRUCK
AUS
WISSENSCHAFTLICHE MITTHEILUNGEN AUS BOSNIEN UND DER HERCEGOVINA,
VIII. BAND, 1901.

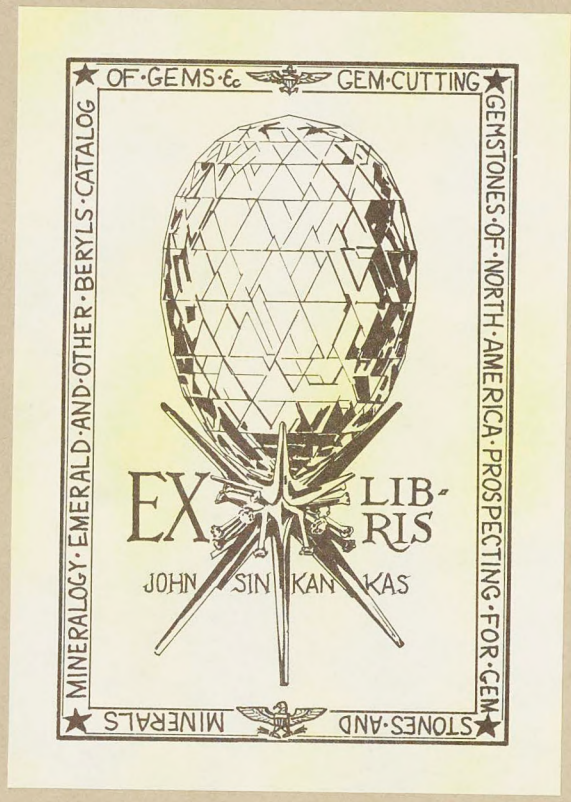
DER METEORSTEIN VON ZAVID.

VON

FRIEDRICH BERWERTH,
UNIVERSITÄTS-PROFESSOR IN WIEN.

MIT 1 TAFEL UND 3 ABBILDUNGEN IM TEXTE.

WIEN, 1901.
IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN.
DRUCK VON ADOLF HOLZHAUSEN.


OF·GEMS·&c
GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND
MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX
LIB-
RIS
JOHN
SIN
KAN
KAS

JSL
00071249

SEPARAT-ABDRUCK
AUS
WISSENSCHAFTLICHE MITTHEILUNGEN AUS BOSNIEN UND DER HERCEGOVINA,
VIII. BAND, 1901.

DER METEORSTEIN VON ZAVID.

VON

FRIEDRICH BERWERTH,
UNIVERSITÄTS-PROFESSOR IN WIEN.

MIT 1 TAFEL UND 3 ABBILDUNGEN IM TEXTE.

WIEN, 1901.
IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN.
DRUCK VON ADOLF HOLZHAUSEN.

Der Meteorstein von Zavid.

Von

Friedrich Berwerth,

Universitäts-Professor in Wien.

(Mit Tafel XVII und 3 Abbildungen im Texte.)

Im Monate August des Jahres 1897 verständigte mich Herr Berghauptmann Johann Grimmer in dankenswerther Weise von dem Niedergange einiger Steinmeteoriten in Bosnien. Nach dessen brieflichen Mittheilungen ist der Steinfall am 1. August 1897 (20. Juli alten Styls) ca. $^1/_2$11 Uhr Vormittags im Bezirke Zvornik niedergegangen und wurden nach dem Ereignisse an drei Orten des genannten Bezirkes vier Steine aufgefunden. Der grösste Stein fiel im Orte Zavid, auch Ravni Zavid (44° 33′ nördlicher Breite und 18° 37′ östlicher Länge von Greenwich) in der Nähe der Ortschaft Rožanj nieder. Zwei Steine, der eine im Gewichte von 2542 Gr. und der andere im Gewichte von 220 Gr., fielen in Ravne njive bei der Gemeinde Vitinica. Das kleinste Exemplar im Gewichte von 48 Gr. wurde in der Ortschaft Bogičević nächst der Gemeinde Skočić aufgesammelt.

Das grösste Steinexemplar, nach dessen Fallort, Zavid, der Meteoritenfall benannt ist, wurde von den Findern zertrümmert und theilweise verschleppt. Das ursprüngliche Gewicht dieses Steines wird von Herrn Berghauptmann Grimmer schätzungsweise mit 90 Kilogr. angegeben. Etwas über 60 Kilogr. wurden noch rechtzeitig in Form grosser Bruchtheile für das Landesmuseum in Sarajevo erworben und hier aus den Bruchstücken der Stein ziemlich vollständig wieder zusammengefügt. Mit dem Hauptexemplar gelangten auch die drei anderen Steine in das bosnische Landesmuseum. Ueber die beobachteten Erscheinungen beim Niederfall der Meteoriten und über die Gestalt und das Aussehen der Steine hat Březina einen kurzen Bericht veröffentlicht.[1]) Ueber die Fallrichtung des Meteors erhielt ich von Herrn Berghauptmann Grimmer einige Beobachtungen gütigst zur Verfügung gestellt, die von den Angaben Březina's etwas abweichen. Nach Beobachtungen des Herrn Berghauptmanns Grimmer liess sich die Fallrichtung des Meteors aus folgenden Wahrnehmungen direct bestimmen, und zwar: 1. durch das versengte Laubwerk eines Baumes, den der Stein beim Fallen streifte; 2. durch die Orientirung der vom Meteoriten gebohrten Grube und 3. durch die Richtung, in welcher das lockere Erdreich von dem niederfallenden Steine weggestreut worden ist. Darnach ist der grosse Stein von Zavid in der Richtung von 10^h 10° (ca. Südostsüd) nach 22^h 10° (ca. Nordwestnord) niedergegangen. Diese Ablesungen wurden mit dem Compass vorgenommen. Bei Berücksichtigung der magnetischen

[1]) Метеорити из зворничког Котара у Босни, Glasnik IX, 1897, 4°, p. 621.

Declination, welche rund 9° beträgt, ergibt sich, dass die Fallrichtung des Meteors von der Richtung Süd gegen Nord um blos 11° (gegen Osten, beziehungsweise Westen) abgewichen ist.

Zu meinen Untersuchungen standen mir ein Bruchstück des grossen Steines im Gewichte von 2690 Gr. und mehrere Splitter zur Verfügung, die mit gütiger Bewilligung der hohen bosnischen Landesregierung durch die Direction des Landesmuseums in Sarajevo für die Meteoritensammlung des naturhistorischen Hofmuseums übergeben worden waren, wofür ich der hohen Regierungsbehörde, der Direction des Landesmuseums in Sarajevo und insbesondere auch Herrn Berghauptmann Grimmer für alle freundlichen Vermittlungen in dieser Sache den verbindlichsten Dank ausspreche.

Das im Museum befindliche Bruchstück des Meteoriten ist von fünf Bruch- und zwei Rindenflächen begrenzt. Die Bruchflächen schneiden sich in ziemlich scharfen Kanten, was einen festen Bestand der Meteoritenmasse anzeigt. Von den berindeten Flächen gehört die grösste der Rückseite, die kleine einer Seitenfläche des Meteoriten an. Die Rinde ist ziemlich dünn, kaum $^1/_2$ Mm. stark, schwarz und von mattem Ansehen. Auf der Rückseite zeigt sie etwas schlackige Ausbildung mit wenig hervortretenden glänzenden Schmelzwülstchen. Einzelne kleine kugelige Höcker in der Rinde sind wohl als schwer schmelzbare Theile des Steines und die flacheren Buckel als stehengebliebene Erhabenheiten der Bruchflächen zu deuten. Auf der Seitenfläche lassen sich schwache Driftspuren erkennen. Zwei der grösseren Bruchflächen sind ausgesprochene Rutschflächen, belegt von einem zerschlissenen metallischen Harnisch von schwarzer Farbe, mit einem deutlichen Stich in das Gelbe, ganz gleich den Harnischen in Pultusk und Trenzano. Es ist ersichtlich, dass der Metallspiegel seine Entstehung der Zerreibung der reichlich vorhandenen Magnetkieskörner verdankt. Durch die Gleitung der Massen kam stellenweise auch eine ausgezeichnete lineare Parallelstructur zu Stande, die man sonst auch als „Streckung“ bezeichnet. Ausserdem setzen noch mehrere kleinere Rutschflächen von ganz gleicher Beschaffenheit in der Masse ein. Eine derselben läuft nahe der Rindenfläche parallel und steht mit einer Rindeninfiltration in Verbindung, die auf ihrem Wege ein Magnetkieskorn umfloss und es merklich röstete. Eine andere, kleinere Rutschfläche zeigt ihr Ausgehendes an der Oberfläche, das nachträglich durch die Rinde überschmolzen wurde. Die Lage der Harnischflächen folgt keiner bestimmten Richtung, dieselben schneiden sich in den verschiedensten Winkeln. Die ganze Erscheinung bezeugt uns, dass in der festen Masse ganz bedeutende Bewegungen stattgefunden haben müssen, und dass ein Stein, wenn er nach diesen durch Gleitung gelockerten Flächen auseinanderfällt, eine Anzahl polyedrischer Stücke liefern muss. Auch dieses Bruchstück ist nach Rutschflächen auseinander gefallen. Darnach ist es einleuchtend, dass es gewöhnlich polyedrisch geformte Steine sind, an denen secundär berindete Flächen auftreten. Bei secundären Berindungen von Bruchflächen sehen wir den metallischen Harnisch ganz in die neue Schmelzrinde übergehen, und es muss daher die Schmelzrinde des Chondriten sehr eisenreich sein. Eine chemische Untersuchung von Schmelzrinden dürfte über die angedeutete Beziehung die gewünschte Aufklärung bringen.

Auf dem Bruche sieht der Stein grau und rauh aus. Als erdig möchte ich den Bruch nicht bezeichnen, da dessen Habitus mit unseren Vorstellungen über den erdigen Bruch an irdischen Gesteinen sich nicht deckt. Der Bruch lässt sich im Allgemeinen mit einem solchen feintuffiger Gesteine vergleichen, ist aber mit dem Bruch solcher Gesteine nicht direct zu identificiren, da er mehr dem Bruche von Gesteinen mit halbkrystallinischem Gefüge näher kommt. Bei sehr guter Beleuchtung und mit Benützung der Lupe ist als Hauptmerkmal des Bruches eine Trennung der Theilchen

nach gerundeten bis kreisförmigen Linien zu beobachten, auch dort, wo keine Chondren in der Grundmasse liegen. Stellenweise macht sich recht deutlich ein hellfarbiges netzartiges Gewebe bemerkbar, dessen Maschen dunkler nuancirte, graue und auch helle, gelblich getönte Körnchen umschliessen. Man kann es mit dem Aussehen eines feinporigen Schwammes vergleichen, dessen Poren Mineralfüllung führen. Die Rauheit des Bruches ist vorwiegend durch dieses netzartige Gewebe bedingt. Neben diesen netzig gezeichneten Bruchformen sieht man dann, allerdings selten, auch geradlinig contourirte, dabei mehrfach parallel gefächerte Bruchtheilchen in der Grundmasse. Dieselben sehen täuschend kleinen gekammerten Versteinerungen ähnlich: es sind die gefächerten Olivin-Chondren. Besonders das netzige Gewebe in Gemeinschaft mit den verschiedenartigen Chondren verleiht dem Bruche des Chondriten das typische Aussehen eines meteorischen Gesteines. Einen ähnlichen Bruch hat bisher kein Gestein unseres Planeten aufzuweisen. Da der Typus des Steines mit jenem der tuffartigen Chondriten übereinstimmt, so kann ich mich auf die hauptsächlichsten Angaben seiner äusseren Charakteristik beschränken. Als Bestandtheile der grauen Masse erscheinen helle und dunkelgrau gefärbte Chondren mit den oft beschriebenen Eigenschaften. Deren Durchmesser beträgt selten mehr als 5 Mm. Aus der Grundmasse treten die Kügelchen wenig hervor. Am Stücke, das mir vorliegt, stecken die Kügelchen fest in der Masse, und auch der Abdruck eines herausgefallenen Kügelchens konnte nicht beobachtet werden. Unter gewissen Umständen, und zwar bei einer weitgehenden Zertrümmerung, scheinen sich allerdings die Bronzitkügelchen aus der Grundmasse loszuschälen, denn unter den zur Untersuchung erhaltenen Splittern fand ich ein loses gespaltenes Bronzit-Chondrum in Form einer Halbkugel. Demnach wird der feste oder lose Verband eines Chondrums mit der Grundmasse kaum eine classificatorische Bedeutung beanspruchen dürfen. Der Durchmesser dieses losen, nach einem Hauptschnitt gespaltenen Chondrums beträgt 8 Mm. Die Oberfläche des Kügelchens ist höckerig. Parallel der Oberfläche zeigt sich eine dünne schalige Ablösung, die ihre Entstehung muthmasslich stattgehabtem Drucke verdankt. An der Oberfläche sitzen ferner wenige glitzernde Magnetkieskörnchen. Innen ist das Chondrum hellgrau gefärbt. Sein Bau ist schalig. Auf der Trennungsfläche der Blätter lässt sich jedoch als Feingefüge eine faserige Ausbildung erkennen. Auf einem Querbruche zur schaligen Zusammensetzung wechseln helle und mehr dunkelgraue Streifen miteinander ab. In den dunklen Streifen vermuthe ich homogenen Bronzit und in den hellen Streifen mehr faserigen Bronzit. Die Olivin-Chondren halten sich sehr versteckt, und man kann von ihnen nur ganz selten solche von gefächertem Bau erkennen. Ausser den Chondren macht sich auf dem Bruche zunächst der Magnetkies durch seinen metallischen Glanz als Gemengtheil bemerkbar. Er ist in eckigen Körnchen ziemlich dicht und gleichmässig in der Masse vertheilt. Manchmal schwärmen die Körnchen zusammen und häufen sich gelegentlich auch zu einer derben erzigen Masse. In solchen putzenartigen Anreicherungen steckt dann meist ein linsenförmiger Kern mit glatter Oberfläche, der von einem Mantel gekörnten Magnetkieses umhüllt erscheint. Körner von Eisen sind vorhanden, doch nicht leicht auffindbar. Rostflecken verrathen ihren Versteck. Die Hauptgemengtheile des Gesteines, der Olivin und Bronzit, setzen wie in anderen Chondriten auch hier die graue Masse des Meteoriten zusammen. Bei der geringen Farbenverschiedenheit beider Gemengtheile ist deren Unterscheidung unsicher. Ein geübtes Auge gewinnt aber immerhin einige Anhaltspunkte für deren Erkennung. Das hellgraue netzartige Gewebe, das partienweise auf dem frischen Bruche recht deutlich auffindbar ist, besteht immer aus Bronzit. Die in den Maschen des Netzes steckenden Körnchen sind meist Olivin. Er ist etwas geblich tingirt, während

dem Bronzit stets ein ausgesprochener grauer Farbenton eigen ist. Alle übrigen Gemengtheile entziehen sich der äusserlichen Beobachtung.

Auf Grund der makroskopischen Beschaffenheit ist der Meteorstein von Zavid unter Annahme der in der Wiener Schule üblichen Eintheilung in die Gruppe der grauen Chondrite zu stellen. Berücksichtigt man auch seine polyedrische Zerklüftung, so ist er als breccienartiger grauer Chondrit zu bezeichnen.

Mineralogische Zusammensetzung. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurden von Silicaten, Olivin, Bronzit ein monokliner Pyroxen(?), Plagioklas, Glassubstanz und von undurchsichtigen Gemengtheilen Magnetkies, Chromit und Nickeleisen beobachtet. Dieses Mineralgemenge entspricht der normalen Zusammensetzung eines tuffartigen Steinmeteoriten.

Olivin. Der Olivin ist farblos. Er erscheint in vollkommenen Krystallen, Skeleten, eckigen, runden und ganz unregelmässigen Körnern. Krystalldurchschnitte aus der Prismenzone sind öfter vorhanden. An einem Basalschnitt wurde das normale Prisma $m : m = 49^0$ (110) und das Brachypinakoid (010) beobachtet. Aehnliche sechsseitige Durchschnitte trifft man öfters in den sogenannten porphyrischen Olivin-Chondren. In

Fig. 1.

Olivin-Krystall.

Fig. 2.

Olivin-Körnerhaufen.

Fig. 3.

Olivin, skeletartig entwickelt.

einem derartigen Chondrum fand sich auch ein Olivinkrystall von obenstehender Gestalt (Figur 1). Letztere ist durch eine dachförmige Endausbildung und Kerbung der Prismenzone charakterisirt. Die Ebene des Durchschnittes wird durch den Austritt der positiven Bisectrix als Makropinakoidfläche $\infty P \bar{\infty}$ (100) bestimmt, und die überhängenden Dachflächen gehören bei einem Winkelwerthe von 60^0 dem Brachydoma $P \bar{\infty}$ (011) an. Die Zähne und Kerben der Prismenzone sind gleichfalls durch Ansätze von Brachydomenflächen hervorgerufen. Nach der Basis und den Brachypinakoidflächen ist der Krystall klüftig. Im polarisirten Lichte charakterisirt er sich als ein einheitliches Individuum, das jedoch seinen homogenen Bestand insoweit verloren hat, als es nach dem rechtwinkeligen Klüftensystem in gerundete Körner zerfällt. Die Körner sind in ihrem Kerne unversehrter Olivin, zeigen dagegen in ihren Randzonen an Stelle der hohen Polarisationsfarben der Kerne Farben niedrigster Ordnung, was auf eine moleculare Veränderung der Olivinsubstanz hinweist. Diese Erscheinung sieht man in viel vollkommenerer Weise ziemlich allgemein bei grossen, in Bruchstücke aufgelösten Olivinen wiederkehren.

Mit dem Zerfall des vorhin charakterisirten Olivinkrystalls in kleine Körner möchte ich die Entstehung körniger Olivinhaufen des Chondriten in Beziehung bringen

und besonders dann, wenn solche Aggregate eine mehr oder weniger regelmässige Begrenzung erkennen lassen. Man stösst nämlich zuweilen auf kleine Olivinkörnerhaufen (Figur 2), die durch ihre Abgrenzung den Eindruck hervorrufen, als wären sie in einem gegebenen Raume entstanden. Das körnige Olivinaggregat ist dann in besonders günstigem Falle rundum nach geraden Linien abgegrenzt und sieht den im Gesteine vorhandenen Olivinformen ganz und gar ähnlich.

Ein skeletartig entwickelter Olivin ist in Figur 3 wiedergegeben. Derselbe ist nach drei Seiten abgegrenzt und in seinem Innern mit staubigem, in Plagioklas suspendirtem Bronzit ausgefüllt.

In geeigneten Durchnitten ist die Spaltbarkeit des Olivins nach $\infty P \breve{\infty}$ (100), $\infty P \bar{\infty}$ (010) und OP (001) gut zu beobachten. Auf (100) und (010) ist sie mehr in scharfen und kurz absetzenden Rissen entwickelt, nach (001) erscheinen mehr gröbere wellige Sprünge. In chondritischer Gestaltung bevorzugt der Olivin die fächerige oder netzweise Wachsthumsform. Auf Querschnitten eines derartigen Fächersystems erscheint er dann stab- oder kurz balkenförmig. Die Balken sind an beiden Enden abgerundet und sehen in der äusseren Form den Lamellen des Balkeneisen in den Eisenmeteoriten ähnlich. In der Schnittebene dieser Olivinbalken wurde wiederholt der Austritt der positiven Mittellinie beobachtet. Die Axe der grössten Elasticität liegt quer den Balken. Die Längsstreckung der Balken fällt daher mit der Richtung der Hauptaxe zusammen. Da die Durchschnitte der Olivinbalken eines monosomatischen Chondrums zwischen langgestreckten schmäleren und dicken bohnenförmigen Balkenformen schwanken, so lässt sich voraussetzen, dass die Balken des Olivinnetzes in mehr dickkolbigen Stengeln als in flachen Blättern gewachsen sind.

Balkenförmiger Olivin wurde auch ausserhalb der Chondren angetroffen. In diesem Falle war der Olivin netzartig mit Bronzit verwachsen. Dieser Complex schien mir nicht die nöthige Selbständigkeit gegenüber der Umgebung zu besitzen, um ihn als Chondrum ausgeben zu können. Von sieben dickbohnig geformten Balken gehörten fünf einem Individuum an. Zwischen den Olivinbalken lagen Bronzitleisten, die ihrerseits in der Mehrzahl wieder Theile eines Hauptindividuums waren. Es lag sehr nahe, in dieser Anordnung beider Minerale eine parallele Verwachsung zu vermuthen. In der Schnittebene der Olivinbalken war wieder der Austritt der Mittellinie γ zu beobachten. In einem Balken des Bronzits fand ebenfalls der Austritt einer Mittellinie statt, doch war es nicht möglich, deren Charakter zu bestimmen. Mit einiger Sicherheit war aber zu erkennen, dass die optische Axenebene des Bronzit zu der optischen Axenebene des Olivin schief liegt. Darnach liegt der Verwachsung des Olivin mit Bronzit keine Gesetzmässigkeit zu Grunde. Die Neigung des Olivin, netzartig zu wachsen, möchte ich aber als ein charakteristisches Merkmal des meteorischen Olivin bezeichnen. In vielen Fällen lässt sich nachweisen, dass der Olivin unter den Silicaten der älteste Gemengtheil ist. Es bezeugen dies ausser den vielen porphyrartigen Krystallen auch zahlreiche Körner, welche das Bestreben zeigen, zu vollkommenerer äusserer Gestaltung zu gelangen. Man sieht nämlich gar nicht selten, wie Olivinkugeln die Bronzitkrystalle in deren Wachsthum behindern und gegenüber dem Bronzit eine stärkere Krystallisationskraft bekunden. In den frühzeitig zur Ausscheidung gelangten Olivinen, also zumeist in den entwickelten Krystallen, finden sich viele Einschlüsse eines bräunlich gefärbten Glases. Einmal wurde auch ein Glaseinschluss mit fixer Libelle angetroffen. In den jüngeren Olivinkörnern fehlen die bräunlichen Glaskörper vollständig. Ausserdem erscheinen Bronzit- und Chromitkörnchen als Einschluss in Olivin.

Wie in anderen Chondriten betheiligt sich der Olivin auch hier an dem Aufbau von Chondren. Es wurden fast alle bisher bekannten Bauarten der Olivin-Chondren beobachtet. Der Stein führt monosomatische und polysomatische Olivin-Chondren. Zu den ersteren gehören sehr schön netzartig gewachsene Olivinindividuen oder die als gefächerte Kügelchen bekannten Olivin-Chondren. Von polysomatischer Bauart finden sich porphyrartige, körnige und solche aus mehreren Individuen bestehende netzartige Olivin-Chondren. Bezüglich deren Ausbildung verweise ich auf Tschermak's Beschreibungen zu seinen Abbildungen in dem Atlas über die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten. Die Olivin-Chondren in Zavid zeigen nicht die geringste Abänderung in der Bauart und der Zusammensetzung der dort beschriebenen Typen. Nur über deren Verhalten zur Grundmasse des Gesteines möchte ich bemerken, dass ich den Eindruck gewonnen habe, als fehle den Olivin-Chondren der scharf ausgeprägte Kugelcharakter der Bronzitchondren. Die letzteren verhalten sich gegenüber ihrer Umgebung viel abgeschlossener und selbständiger als die Olivin-Chondren. Dieser Beobachtung entspricht auch die Erfahrung, dass man lose Olivin-Chondren nicht kennt. Ich will weiter nur hervorheben, dass besonders die sogenannten porphyrartigen Chondren in Zavid sich mit dem Begriff eines Chondrums unvollkommen decken. Die porphyrartigen Olivine werden hier von einem Bronzitnetz getragen, das unscharfe Abgrenzungen besitzt und sich in der Umgebung verästelt. Es liegt also mehr eine örtliche Verschiedenheit in der Ausbildung gegenüber der übrigen Gesteinsmasse vor, und es fehlt den Chondren die körperliche Selbständigkeit. Auch bei einem körnigen Olivin-Chondrum, das randlich sonst gut abgegrenzt erschien, konnte ich ein Olivinsäulchen beobachten, das zur Hälfte in der Kugel sass und mit dem andern Ende in die angrenzende Gesteinsmasse hineinragte. Die Olivin-Chondren sind zweifellos an Ort und Stelle gewachsen und zur Ausscheidung gelangt. Inwieweit sie durch die Art ihres Wachsthums und ihrer Ausbildung und Zusammensetzung im Chondrumcharakter beeinträchtigt erscheinen, muss einer kritischen Behandlung der Olivin-Chondren sämmtlicher Chondrite vorbehalten bleiben.

Bronzit. Ueber die mikroskopisch beobachteten Ausbildungsformen des Bronzit ist zu bemerken, dass er niemals als vollkommener Krystall entwickelt ist, meist in Krystalloiden, blättrig-faserigen Bildungen, in Körnern und in den bekannten Chondren auftritt. Sämmtliche Durchschnitte der grösseren Bronzite bis zu den feinsten Körnchen sind hell und farblos bis spurenweise grün durchsichtig. An allen grösseren Individuen ist eine Begrenzung nach geraden Linien in der Prismenzone zu Stande gekommen. Entwicklung nach der Hauptaxe ohne gesetzmässige Endausbildung ist dann Regel, der Längsdurchschnitt rectangulär, und sehr selten finden sich schmale Leisten. Viel mehr charakteristisch und bemerkenswerth sind die Krystalloide ohne jedwede Andeutung ebener Begrenzung mit bogigen concaven Randflächen und lappiger Gliederung. Der grössere Theil des Bronzit ist eine spätere Bildung als der Olivin. Die Ausscheidung grösserer Bronzite ist aber nachweislich gleichzeitig neben dem Olivin vor sich gegangen. Der Olivin verräth auch in dieser Periode eine stärkere Krystallisationskraft als der Bronzit, und letzterer bringt es gegenüber dem Olivin fast nie zu selbständigen Formen. Eine Periode gleichzeitiger Ausscheidung von Bronzit und Olivin ist auch durch gesetzlose Verwachsungen, wie schon oben erwähnt wurde, und durch die gegenseitige Einschliessung beider bezeugt.

Mit dem Olivin haben die grösseren Bronzite die unregelmässige, nur den meteorischen Vorkommen eigene, starke Zerklüftung gemeinsam. Es gibt auch kluftfreie Durchschnitte, doch bilden diese die Ausnahme. Der Charakter des Steines

wird durch diese weitgehende Zerklüftung der beiden Hauptgemengtheile, die man mit einem raschen Temperaturwechsel wird erklären müssen, wesentlich beeinflusst und seine graue Farbe hiedurch zum Theil gewiss mitbedingt.

An grösseren orientirten Durchschnitten nach der Basis *OP* (001) ist die prismatische Spaltbarkeit immer in glatten feinen, absätzigen, haarstrichartigen Rissen nachzuweisen. Nach $\infty P \infty$ (010) macht sie sich in gröberen Rissen geltend, und nach $\infty P \infty$ (100) und nach *OP* (001) erscheint sie am wenigsten vollkommen.

An einem Axenbilde der Basalfläche liess sich der optische Axenwinkel (2 v) auf mehr als 40° schätzen. Das optische Verhalten im parallelen und convergenten Lichte kann gelegentlich als Unterscheidungsmerkmal vom Olivin dienen, mit dem ja der Bronzit in den Chondriten sehr leicht verwechselt werden kann. Die Polarisationsfarben des Bronzit reichen von Graublau bis Gelb erster Ordnung, während sie im Olivin vorwiegend Farben höherer Ordnung angehören. Im Bronzit erscheinen ferner stets blasse verwaschene Axenbilder ohne Farbenringe, während im Olivin stets scharfe Axenbilder gewöhnlich in Begleitung der innersten Lemniscaten erhalten werden. Der optische Charakter wurde an einer Bronzitlamelle eines Chondrums positiv gefunden.

In wenigen rectangulären Durchschnitten ist feinlamellare Zusammensetzung nach der prismatischen Zone zu beobachten. Viele Lamellen zeigen schiefe Auslöschung. Irgend eine Gesetzmässigkeit liess sich nicht feststellen, man darf aber vermuthen, dass in diesen Fällen dünne monokline Pyroxenlamellen eingeschaltet sind.

Eine viel bemerkenswerthere Rolle als die individualisirten Bronzite muss den blättrig-faserigen Ausbildungsformen im Gefüge des Chondriten zugesprochen werden. Mit einer gewissen Gleichmässigkeit lässt sich nämlich beobachten, dass blättrig-faseriger Bronzit das Füllmittel zwischen den mehr porphyrartigen Olivinen und Bronziten abgibt. Der Bronzit dieser Art erscheint demnach auf einer Schnittfläche des Chondriten als ein der Spinnwebe ähnliches netzartiges Gebilde. Am meisten kommt das Bronzitnetz an solchen Stellen zur Geltung, wo eine Anhäufung grösserer Krystalle stattfindet. Solche Anhäufungen werden vorwiegenderweise von Olivinen gebildet sein müssen, als grössere Bronzite nur in untergeordneter Menge vorhanden sind. Das vollkommenste und am meisten übersichtliche Olivinaggregat wird von den als „porphyrartige Olivin-Chondren" bekannten Gesteinspartien abgegeben. In diesen sogenannten porphyrartigen Olivin-Chondren lässt sich bei Anwendung stärkerer Vergrösserung erkennen, dass die graue krystallinische Zwischenmasse aus Bronzit besteht, der zwischen den Olivinen in blättrig-faseriger Ausbildung angeschossen ist, ganz so wie in den echten Chondren. Die Bronzitblätter und Fasern stehen vorwiegend senkrecht zur Oberfläche der Olivine. In den Leistchen und Fasern wurde die Lage der kleinsten Elasticitätsaxe parallel der Längsrichtung gefunden. Gar nicht selten lässt sich erkennen, dass centrisch fächerförmige Anordnung und Ansatz zu kugeligen Formen vorhanden ist. Die ganze Erscheinung erinnert äusserlich an die büschlig-granophyrischen Bildungen in den Quarzporphyren, ohne sich jedoch mit denselben weiter vergleichen zu lassen. Die Olivine der porphyrartigen Chondren lagern also in einem krystallinischen Bronzitgerüst, das auf der Schnittfläche als Netz erscheint, in seiner körperlichen Form aber ein schwammiges Gewebe darstellt, das äusserlich mit dem Gefüge in den Pallasiten verglichen werden kann, wo die Rolle des Bronzit das Eisen übernommen hat.

Aus den porphyrartigen Chondren lässt sich die netzartige Vertheilung dieses Bronzits mehr oder weniger deutlich in stärkeren und dünneren Wänden durch die ganze Gesteinsmasse verfolgen, in der er sich bei schwächerer Vergrösserung durch seine grauen, wie Staub aussehenden Massen in aufdringlicher Weise bemerkbar macht

und das Gesteinsbild wesentlich beeinflusst. Es muss noch hervorgehoben werden, dass die trüben grauen Bronzitmassen gelegentlich auf den Klüften in die grössern Olivine und Bronzite eindringen oder Hohlräume in denselben ausfüllen. Das Auftreten des Plagioklas in dem Bronzitnetze soll später besprochen werden.

Auch körniger Bronzit betheiligt sich an der Zusammensetzung des Chondriten. Die Gestalt der Körner ist immer gerundet und niemals eckig. Ab und zu treten Körner zu roggenartigen Häufchen zusammen. Zwischen den Körnern ist fast immer Plagioklas vorhanden. Kleinste Körnchen erscheinen schwebend in tümpelartigen Plagioklaspartien und lagern inselartig vor den buchtenartig zerklüfteten Bronziten, von denen sie abgebröckelte Theilchen vorzustellen scheinen. In staubartigen Körnchen ist er auch ein Bestandtheil des Netzbronzites.

Vom Auftreten stängligen Bronzits habe ich mich nicht überzeugen können. In vielfach vorhandenen runden Querschnitten sollte man wohl Bronzitstengel vermuthen. Da aber unzweifelhafte stänglige Längsschnitte nicht anzutreffen sind und bisher wohl die leistigen Blätterquerschnitte dafür gehalten wurden, so scheint die stänglige Ausbildungsform gänzlich zu fehlen.

Ueber die Zusammensetzung der Bronzit-Chondren ist im Allgemeinen zu den wohlbekannten bisherigen Schilderungen dieser merkwürdigen Gebilde wenig Neues hinzuzufügen. Im Besonderen bleibt zu bemerken, dass in Zavid die Bronzite der Chondren in blättrig-faseriger Ausbildung gefunden wurden. Wenn in den leistigen Bronzitschnitten der Chondren Stengel vorlägen, so wäre erfahrungsgemäss zu erwarten, dass selbe nach der Hauptaxe entwickelt sind. Obwohl nun den meist schmalen Bronzitleisten in den Chondren mit optischen Mitteln schwer beizukommen ist, so lässt sich doch feststellen, dass in den verschiedenen Leistensystemen die Lage der grössten und kleinsten Elasticitätsaxen abwechselnd einmal parallel und das anderemal lothrecht zu den langen Kanten der Leisten liegen. In einem Durchschnitte lagen die Bronzitblätter parallel $\infty P \bar{\infty}$ (010) (Aufstellung Tschermak). Die Leisten sind also gewiss nicht als Stengel, sondern als Querschnitte der schalig aneinanderliegenden Bronzittafeln anzusehen. Derselbe blättrige Bau des Bronzits in den Chondren dürfte sich auch in allen übrigen Chondriten nachweisen lassen. Nachdem die schalig-blättrige Zusammensetzung des Bronzits in den Chondren erkannt ist, so lassen sich auch die vorkommenden sogenannten „dichten Chondren“ in einfacher Weise erklären, indem sie als in der Ebene der Bronzittafeln angeschnittene Chondren aufzufassen sind. Ein solches Bronzitblatt ist in seiner Tafelfläche seinerseits wieder faserig zusammengesetzt; die Fasern sind in gespreizter besenartiger oder radialstrahliger Anordnung oder in zierlichen eisblumenartigen Krystallgebilden angeschossen. Bei sehr starker Vergrösserung lösen sich die strichartigen Fasern in winzige, an eine Linie aufgereihte staubartige Körnchen auf, zwischen denen abermals der Plagioklas als verkittende Grundmasse erscheint.

Sonst passen auf alle vorkommenden Bronzitkügelchen die älteren Beschreibungen, wie sie schon von den ersten Meteoritenforschern von diesen auffälligsten Bestandtheilen der Chondrite in Wort und Bild in vollkommenster Weise gegeben wurden. Ich kann mich daher darauf beschränken, nur mitzutheilen, dass auch in Zavid alle Bronzit-Chondren polysomatisch ausgebildet sind. Die Kügelchen sind vorwiegend radialstrahlig gebaut mit excentrischem Radiationspunkt, öfter aus mehreren Blättersystemen zusammengesetzt, auch prächtig fächerartig, divergirend mit gezahnten Rändern, seltener gitterartig. Wenn sich das schalig-blättrige Gefüge der Bronzitkügelchen, wie man voraussetzen darf, auch in den Chondren der übrigen Chondrite als vorhanden erweist,

so wären bei Annahme der bestehenden Eintheilung die bisher als „dichte Chondren" benannten Kügelchen nicht mehr als eine besondere Abart aufzuführen.

Ueber die randliche Begrenzung der Bronzitchondren lassen sich folgende Erwägungen aufstellen, wonach Einbuchtungen und sonstige Unregelmässigkeiten im Verlaufe der Chondrengrenzen, keine auffälligen Erscheinungen mehr darstellen. Wenn wir uns erinnern, dass der Bronzit in radialstrahliger Ausscheidung auch ausserhalb der Bronzitkugeln im jüngeren Netzbronzit vorhanden ist, darf man erwarten, dass zwischen dem feinsten radialstrahligen Netzbronzit und den vollkommenen Bronzitkugeln Zwischenstufen bestehen, deren eine solche beispielsweise gegeben ist, wenn Netzbronzit in einem grösseren Raume mit vorher gegebenen Grenzen auskrystallisirt. Der Bronzit ist dann zwar chondritisch gebaut, aber ohne Kugelform. Derartige zufällig begrenzte chondritische Bronzitausscheidungen wurden in Zavid mehrfach beobachtet. Dabei kann die Kugelform noch einigermassen gewahrt sein, oder es erscheint bei einem Durchschnitte durch den Radiationspunkt eines Fächersystems eine Fächergestalt mit einem Kreisbogen, aber sonst geradlinig begrenzt. Schliesslich finden sich Formen ohne Andeutung einer Kugelfläche von ganz zufälliger Gestalt. Man könnte diese in beschränktem Raume entstandenen chondritischen Bildungen als Theilchondren bezeichnen, da sie nur Theile einer Kugel darstellen.

Diese Erscheinungen führen in ganz systematischer Folge zur Erkenntniss und zu dem auch auf anderem Wege gefundenen Beweise, dass das jetzige Gefüge des Chondriten dem Schmelzfluss seine Entstehung verdankt, und dass die echten Bronzitkügelchen wie alle übrigen blättrig-strahligen Bronzitausscheidungen Gebilde einer und derselben Art sind und eine Verschiedenheit zwischen ihnen nur in der zeitlich verschiedenen Ausscheidung besteht, wobei die vollkommenen Kugeln die älteren und der Netzbronzit mit seinen chondritischen Ansätzen spätere Ausscheidungen sind. Diese Auffassung der Verhältnisse im Chondriten lässt die bisher festgehaltene Besonderheit der Chondren in einem anderen Lichte erscheinen, und deren Verhältniss zur übrigen Chondritenmasse erfordert neue Studien. Auch jüngere Petrographen, die wohl die Chondriten als schmelzflüssige Bildung ansehen, haben an der hergebrachten Vorstellung der Chondren nichts geändert. Wenn eine Betrachtung der Chondren auf Grund der Annahme geführt wird, dass die Chondriten in ihrer jetzigen Form ein Product des Schmelzflusses sind, aus dem sich die Chondren ebenso wie alle übrigen Bestandtheile herausgebildet haben, wird das Wesen sowohl der Olivin- als Bronzitchondren gegenüber den übrigen Gemengtheilen wenig Fremdartiges mehr an sich tragen.

Monokliner Pyroxen. In lamellar gebauten Bronzitdurchschnitten wurden wiederholt sehr dünne Lamellen mit beträchtlicher schiefer Auslöschung angetroffen, die einem monoklinen Pyroxen angehören dürften. Der Kalkrest der chemischen Analyse, der nach Verwendung eines Theiles Kalk zur Bildung von Labradorit erübrigt, würde mit dieser Annahme im Einklang stehen.

Plagioklas. Wenn man vorerst die Präparate in einfachem Lichte bei schwächerer Vergrösserung untersucht, so gewahrt man zwischen den stark lichtbrechenden Olivinen und Bronziten eine schwächer lichtbrechende, structur- und farblose, glasartig aussehende Substanz, die ohne alle Eigenform als Zwischenmasse die Räume zwischen den übrigen Gemengtheilen ausfüllt. Wo diese Masse in grösseren Feldern tümpelartig allotriomorph zwischen den Olivinen und Bronziten auftritt, gleicht sie in diesen Partien ihres Vorkommens den Quarzausscheidungen in den Tiefengesteinen. In sehr deutlicher Erkennbarkeit erscheint sie ferner als Grundmasse in den gefächerten Olivin-Chondren. Bei stärkeren

Vergrösserungen lässt sie sich dann weiter in canalartigen Windungen und feineren Verzweigungen zwischen den grössern Bestandtheilen und als dünnwandige Zwischenklemmungsmasse zwischen den kleinen Körnern und den feinsten Körnchen, im Netzbronzit und in den Bronzitchondren, wie überhaupt durch alle Theile des Gesteines verfolgen. Durch ihre allgemeine Verbreitung gewinnt diese farblose Substanz die Rolle einer Grundmasse, in der sämmtliche anderen Gemengtheile suspendirt sind, ganz ähnlich den Verhältnissen in effusiven Eruptivgesteinen, wo die älteren Ausscheidungen in einer Glasgrundmasse gebettet sind. Im einfachen Lichte lässt sich keine Spur irgend einer Structur in dieser farblosen Substanz entdecken, nichts, was an Spaltrisse erinnern würde, und nicht einmal das Auftreten von unregelmässigen Sprüngen. Ausser durch die schwache Lichtbrechung ist sie eben durch den Mangel jedweder Structur und Eigenform von allen übrigen Gemengtheilen leicht und scharf zu unterscheiden. Im polarisirten Lichte zeigt dieser farblose Grundteig des Gesteines zweierlei Verhalten. Eine tümpelartige Masse, die im einfachen Lichte absolut homogen erscheint, zerfällt im polarisirten Lichte bei schwach graublauen Polarisationsfarben in drei unregelmässige Körner, geradeso wie sich eine scheinbar homogene Quarzpartie bei Betrachtung im polarisirten Lichte in ein Körneraggregat auflöst. Ein Korn zeigte nun äusserst fein lamellare Zwillingsstreifung, während die zwei übrigen Körner undulöse Auslöschung zeigten. Zwillingsgestreifte Körner, deren Plagioklasnatur nicht zu bezweifeln ist, gelangten dreimal zur Beobachtung. Bei der Feinheit der Lamellirung und dem Mangel orientirter Schnitte konnte keine der optischen Methoden zur Bestimmung des Plagioklases Anwendung finden. Wie die undulös auslöschenden Körner im Complex mit dem zwillingsgestreiften Korn, dem sie sonst in allen Stücken gleichen, als Plagioklas zu deuten sind, muss auch alle übrige farblose Substanz, die bei Dunkelstellung der Nicols und beim Drehen des Präparates stets schwach blaugrau aufhellt und letzteres häufig unter Auftreten wandernder wischartiger Schatten geschieht, als Plagioklas angesehen werden. Absolute Isotropie der farblosen Substanz wurde in entscheidender Weise nicht beobachtet und ist keine Veranlassung vorhanden, einen Schluss auf die Anwesenheit von Tschermak's Maskelynit zu ziehen. Das Vorhandensein einer Plagioklasmischung wird auch durch die chemische Bauschanalyse bestätigt, indem sie die feldspatbildenden Elemente enthält. Auf Grund der gefundenen Zahlen lässt sich jedoch eine bestimmte Plagioklasmischung nicht berechnen, da die Alkalien für sich allein mehr Thonerde beanspruchen, als die Analyse ausweist.

Glas. Die Gegenwart von Glassubstanz ist auf die Einschlüsse in grösseren Olivinen und Bronziten beschränkt. In Olivinen wurden mehrfach bräunlich gefärbte, gerundete Glaskörperchen und einmal in einem Krystall ein Glaseinschluss mit Bläschen beobachtet. In Bronzit wurden etwas gelblich gefärbte Glaseier in reihenförmiger Anordnung angetroffen.

Erze und Eisen. Die Erz- und Eisenbestandtheile lassen sich im auffallenden Lichte bis zu den kleinsten Partikeln scharf auseinanderhalten. Der Magnetkies erscheint gelb, der Chromit schwarz und das Nickeleisen stahlgrau.

Der Magnetkies ist reichlich in gleichmässiger Vertheilung im Gemenge vorhanden. Nach der Gestalt bildet er meist zackige Stücke, und die Kornform tritt ganz in den Hintergrund. In Gemeinschaft mit Eisentheilchen gruppirt er sich häufig als Corona um grössere Krystalle und Bronzitchondren. Ferner dienen Magnetkieskörner öfter als Ansatzpunkt zu centrischer Anlagerung von lappigen Bronziten und Olivinen. Mit einer gewissen Regelmässigkeit kann man beobachten, dass an der Oberfläche des

Magnetkies winzige Chromitkörnchen ansitzen, als wären sie angeflogen. Viel seltener steht der Magnetkies mit Eisentheilchen in Berührung. In Gesellschaft von Chromit wurde der Magnetkies in Gestalt kleiner Körnchen in Bronzitchondren angetroffen.

Der Chromit ist immer in winzigen Körnchen vorhanden, die stets ein rauhes Aussehen besitzen und manchmal an den Rändern braun durchscheinend sind. Die Körnchen bilden gerne Ansammlungen und erscheinen in dichten staubartigen Schwärmen im Plagioklas der netzigen Olivin-Chondren. Hiezu ist zu bemerken, dass gegen Olivin immer eine chromitfreie Plagioklaszone vorhanden ist. Ab und zu sind vollkommen selbständige ganz dichte Chromit-Chondren zu Stande gekommen, an deren Zusammensetzung sich dann auch Olivin in untergeordneter Menge betheiligt. Den Magnetkies und das Eisen flieht der Chromit nicht und erscheinen recht oft alle drei nahe beieinander.

Das Auftreten des Nickeleisen beschränkt sich auf kleine Partikel von stets zackiger Gestalt. Zum Zusammentreten von Aggregaten zeigt es wenig Neigung, und seine Theilchen sind meist isolirt, aber gleichmässig im Gestein vorhanden. In einem Eisenkorn erschien einmal ein Olivinkörnchen als Einschluss. Wiederholt treten in Folge der Oxydation gelbe Höfe um das Eisenkorn auf, was anzumerken ist, da der Stein sofort nach dem Niederfalle geborgen wurde.

Chemische Zusammensetzung. Mit freundlicher Zustimmung des Herrn Hofrathes E. Ludwig wurde in dessen Laboratorium von Herrn Dr. C. Hödlmoser eine Bauschanalyse des Meteoriten durchgeführt. Das Resultat der Analyse und die Methode der Eisenbestimmung ist in Tschermak's Min.-petr. Mitth., Bd. XVIII, p. 513, veröffentlicht worden.

Die Zusammensetzung des Chondriten, die Molecularproportionen der Bestandtheile und die Verhältnisszahlen der Atome sind aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

I. Durch die Analyse gefundene procentische Zusammensetzung des Meteoriten.

II. Wasser und Eisen der Analyse I proportional aufgetheilt und die wasserfreie Substanz auf 100 reducirt.

III. Molecularproportion der Analyse II.

IV. Molecularproportion der Analyse II auf 100 gerechnet.

V. Verhältnisszahlen der Metallatome.

VI. Verhältnisszahlen der Metallatome auf 100 gerechnet.

	I.	II.	III.	IV.		V.	VI.
SiO_2	41·90	41·43	69·05	38·74	Si	64·57	33·61
Al_2O_3 . . .	1·92	1·98	1·94	1·09	Al	2·14	1·11
FeO	27·40	27·09	37·62	21·11	Fe	29·32	15·27
CaO	4·60	4·53	8·08	4·53	Ca	8·07	4·20
MgO . . .	22·79	22·53	56·32	31·60	Mg	79·00	41·12
Na_2O . . .	1·05	1·04	1·67	0·94	Na	3·04	1·58
K_2O	0·41	0·40	0·42	0·24	K	0·51	0·27
S	1·01	1·00	3·12	1·75	S	5·46	2·84
Fe	0·15	—	—	—		—	—
H_2O	0·39	—	—	—		—	—
	101·62	100·00	Mol.Z. 178·22	100·00	MAZ	192·11	100·00
dem S äquiv. O-Menge .	0·51				A.Z.	448·04	
	101·11						

Kobalt, Nickel und Mangan wurden in Spuren nachgewiesen. Das specifische Gewicht wurde von mir an einem 86 Gr. schweren Stücke zu 3·55 gefunden.

Die Resultate der Analyse entsprechen der Zusammensetzung eines typischen Peridotitmagma (π) mit einer geringen Beimengung eines feldspathbildenden aluminiumhaltigen Kernes. Der chondritische Tuff ist damit auch durch die chemische Untersuchung als Abkömmling eines Peridotit charakterisirt.

Gegenüber den Alkalien und einem entsprechenden Percentsatz Calcium erscheint der Thonerdegehalt zu niedrig gefunden und lässt sich die genaue Berechnung der Plagioklassubstanz und deren Menge nicht durchführen. Das Mengenverhältniss der feldspathbildenden Bestandtheile lässt jedoch auf die Mischung eines Labradorit schliessen.

Petrographische Beschaffenheit des Chondriten.

Während die mineralogische Zusammensetzung der tuffigen Chondrite, wie der anderen Meteoriten, im Wesentlichen längst bekannt ist, bestehen über ihre petrographische Ausbildung noch ziemlich scharfe gegensätzliche Meinungen.

Mehrere Forscher haben die Ansicht vertreten, dass eine Gruppe der Chondrite meteorische Tuffe sind, während andere Beobachter der Meinung Ausdruck geben, dass die Structur der Chondriten mit Tuffbildungen nichts gemein hat, dass sie vielmehr durch Erstarrung aus einem Magma zu Stande gekommen ist. Die erstere Ansicht, dass die tuffartigen Chondrite meteorische Tuffe seien, hat Tschermak in scharfsinniger Weise vertreten und in seinem Meteoritenatlas die Tuffnatur vieler Chondrite in ausgezeichneter Weise zur Darstellung gebracht. Die gegentheilige Meinung, dass die Structur der Chondrite auf eine Entstehung aus dem Schmelzflusse hinweist, haben von Petrographen jüngster Zeit Weinschenk, Renard, Linck u. A. ausgesprochen.

Bezüglich des Gefüges haben die Beobachtungen am Zavider Chondriten ergeben, dass im Verhalten der Gemengtheile zu einander ein unbedingter Hinweis für die Entstehung aus Schmelzfluss gegeben ist. Eine structurelle Verwandtschaft zu irgend einem bestimmten irdischen Eruptivgestein ist auch in entfernter Weise nicht vorhanden, doch finden sich genügende Anhaltspunkte, die wir analog wie in irdischen Gesteinen zur Beweisführung verwerthen können, nämlich die Entstehung des vorhandenen Gefüges aus schmelzflüssigem Zustande darzuthun.

Als entscheidender Beweis für die Auskrystallisirung der Bestandtheile aus Schmelzfluss muss der nachweisbare Altersunterschied zwischen Olivin und Bronzit angeführt werden. Ein weiteres untrügliches Zeichen der genannten Entstehungsart ist in dem Zusammenkrystallisiren und den Verwachsungsarten von Olivin und Bronzit, darunter auch in der als poikilitisch bekannten Form, gegeben. Das Ineinandergreifen von Olivin und Bronzit, wobei es der Olivin gegenüber dem Bronzit stets zu gewölbten Formen bringt, deutet ebenfalls die Ausscheidung aus feurig-flüssigem Zustande an. Für diese Entstehungsweise sprechen ferner ausgezeichnete Skeletolivine und solche mit zerfetzten Rändern, wie auch buchtig zergliederte Bronzitkrystalloide. Auch das Auftreten der hypidiomorph-körnigen Structurform, bei der allotriomorpher Plagioklas als Krystallisationsrest zwischen den Olivin- und Bronzitkrystallen erscheint, bezeugt die Ausscheidung aus Schmelzfluss, wobei der Plagioklas die Rolle des Quarzes in Graniten und Quarzdioriten übernimmt.

Ferner darf man nicht übersehen, dass an den Olivinen und Bronziten gerundete Contouren und kugelige Körnerformen vorwalten, wogegen scharfkantige Bruchstücke sich wenig bemerkbar machen. Auch das Anschiessen des in der Schnittebene spinnen-

webartig vertheilten Netzbronzit in sphärischen Wachsthumsformen, gleichartig denen in den Bronzitkügelchen, deren Entstehung aus Feuerfluss nie bezweifelt wurde, und die Allgegenwart des Plagioklases, die mit der Rolle des Glases in jüngeren Eruptivgesteinen zu vergleichen ist, deuten auf Umstände, die in Uebereinstimmung mit allen oben aufgezählten Structureigenthümlichkeiten als Anzeichen gelten müssen, dass der Chondrit eine magmatische Periode durchgemacht hat, aus der sich der jetzige krystallinische Zustand des Steines unmittelbar herausentwickelte.

Es ist gewiss das auffälligste Merkmal des Chondriten, dass bei Auskrystallisirung der Gemengtheile aus einem Schmelzfluss dennoch ein Structurbild vorliegt, das kaum Andeutungen enthält, die sich mit dem Gefüge eines eruptiven irdischen Gesteins decken. Es müssen bei der krystallinischen Ausbildung der Chondriten darum andere Verhältnisse bestanden haben, als sie sonst bei der Entstehung irdischer krystallinischer Eruptivgesteine vorwalten. Vergleichen wir irgendwelche krystallinischen Structuren irdischer Eruptivgesteine mit jener des Chondriten, so lässt sich vorerst folgender genereller Unterschied zwischen beiden feststellen. Während nämlich beim irdischen Eruptivgesteine auf einem kleinen Raume erfahrungsgemäss keine habituellen Verschiedenheiten in der dem Gestein zukömmlichen Structurart vorzukommen pflegen, so beobachten wir im Chondriten auf sehr beschränktem Raume eine geradezu kaleidoskopartig wechselnde Ausbildungsweise als Regel. Es macht sich im Gefüge ein Ausdruck geltend, der stark daran erinnert, als sei das Ungleichförmige im Gefüge die Folge örtlich verschieden verlaufener Krystallisationsprocesse. Man bemerkt Localisationen in der Gruppirung der Gemengtheile, die den sonst gewohnten Charakter krystallinischer Gesteine verschleiern. Feldern mit porphyrartiger Structur (bekannt als porphyrartige Olivinchondren), gebildet von Olivin in Netzbronzit, stehen hypidiomorph-körnige Ausbildungsformen gegenüber, die dadurch zu Stande kommen, dass Plagioklas die Zwischenräume zwischen Olivinen ausfüllt. Partien mit Anhäufungen grosser krystalloider Olivine und Bronzite wechseln mit Körnerhaufen von Olivin und Bronzit. Sehr bemerkenswerth ist auch die Beobachtung, dass Körnerhaufen von Olivin vorkommen, die sich anscheinend in einem gegebenen Raume entwickelt und eine orientirte Begrenzung nach geraden Linien haben. In manchen Schnitten kann die Olivinform nicht geleugnet werden, und wir müssen die Erscheinung als Zerfall eines Olivinkrystalls in Körnerhaufen deuten. Der bunte Wechsel im Structurbilde wird dann weiter vermehrt durch fein gekörnte bis staubartige Bronzitpartien, die dem Tuffcharakter am Nächsten stehen und auch bisher gemeinhin als detritusartige Massen bezeichnet wurden. Schliesslich bilden auch die bekannten verschiedenartigen Olivinchondren und Bronzitkügelchen ein wichtiges Element im charakteristischen Wechsel des Chondritengefüges.

Aus dieser kurzen Betrachtung gewinnen wir die Vorstellung, dass sich in der Gesammtstructur eine Zwiespältigkeit offenbart. Fixiren wir einen Punkt des Chondriten, so zeigt er eine aus Schmelzfluss entstandene krystallinische Ausbildung. Das Totalbild des Chondriten bringt dagegen einen tuffartigen Charakter zum Ausdruck. Es scheint, dass die richtige Erkennung der petrographischen Ausbildungsweise des Chondriten bis heute überhaupt an dieser nur ihnen eigenen petrographischen Doppelnatur gescheitert ist.

Aus den ganz eigenartigen krystallinischen Ausbildungsformen im Chondriten schöpfe ich die Vorstellung, dass in dem Chondriten zweierlei Structuren, und zwar Tuffstructur und eine krystallinische Structur nebeneinander oder, zutreffender ausgedrückt, übereinander vorhanden sind, d. h. die krystallinische Ausbildungsform erscheint als Deckstructur über der Tuffstructur.

Hier will ich nun daran erinnern, dass es auf unserer Erde doch auch Gesteinsformen gibt, die eine wenn auch rein äusserliche, aber immerhin unverkennbare Verwandtschaft zu den petrographischen Verhältnissen in den Chondriten zur Schau tragen. Ich denke dabei an gewisse metamorphe Bildungen, besonders solche aus der Reihe der Hornfelse. Eine Parallelisirung mit einem bestimmten metamorphen Gebilde kann natürlich nicht vorgenommen werden; insoweit jedoch bei metamorphen Gesteinen abrupte Wechsel im Bestande und ähnliche Ausbildungsformen von Mineralien vorkommen wie im Chondriten, darf man den Spuren dieser Formenbeziehungen nachgehen. Zur näheren Kennzeichnung derartiger Beziehungen weise ich auf die eigenartige geflossene Form der Pyroxenkörner in Silicatfelsen hin. Eine ähnliche äussere Erscheinung zeigen die im Plagioklas des Chondriten suspendirten Bronzit- und Olivinkörnchen. Sollte es ferner ein Spiel des Zufalls sein, dass wir in gewissen metamorphen Gesteinsformen ebenso localisirte Mineralgruppirungen antreffen wie im Chondriten? Ich erinnere an die zu centrischen Structurformen vereinigten Minerale in manchen metamorphen Gesteinen und an die netzartigen Wachsthumsformen, z. B. des Andalusit in Hornfelsen. Ich meine, dass die netzig gewachsenen Olivine und Olivinchondren in den Chondriten verwandte Erscheinungen sind. Auch die lappigen und fetzigen Olivine und Bronzite darf man mit metamorphen Bildungen in Beziehung bringen. Zum Studium dieser Beziehungen fehlt mir das Untersuchungsmaterial. Ich muss aber meiner Meinung dahin Ausdruck geben, dass wir die nächsten irdischen Verwandten der Chondrite unter metamorphen Gesteinsformen unserer Erde zu suchen haben. Obwohl die Entstehung beider auf sehr verschiedenen Wegen vor sich gegangen ist, so lässt sich als das Gemeinsame in beiden feststellen, dass beide metamorphe Gebilde sind und jedes nach seiner Art durch Umwandlung und Umkrystallisirung aus einem Trümmergestein hervorgegangen ist. Unter diesem Gesichtspunkte verliert sich die Fremdartigkeit im Wesen des Chondriten gegenüber irdischen Gesteinen, denn wir können es bestimmt aussprechen, dass auf der Erde etwas dem Chondriten Gleichartiges nicht angetroffen werden kann, weil es auf der Erde keine peridotischen Trümmergesteine gibt und auch nicht geben kann.

Nach allen diesen Erwägungen habe ich mir schliesslich die Ansicht gebildet, dass der Chondrit ein durch Umschmelzung metamorphosirter meteorischer Tuff ist.

Bevor ich mich mit dem Vorgange der Umschmelzung etwas näher befasse, muss hier eine Bemerkung über eine hervorragende Eigenschaft des Chondriten eingefügt werden. Im Gesammtbilde des Chondriten macht nämlich eine weitgehende Zersprengung und Zerklüftung der grossen Olivine und Bronzite den Eindruck einer allgemein verbreiteten Kataklase. Auch undulöse Auslöschung, eine gewöhnliche Begleiterscheinung von Kataklasen, ist vorhanden. Die Zerklüftung der Gemengtheile ist oft so weitgehend, dass man sie mit der klüftigen Auflockerung eines rasch gekühlten geschreckten Glases vergleichen kann. Zur Beurtheilung der scheinbaren Kataklase ist nun die wichtige Thatsache festzuhalten, dass die Klüfte zwischen den in mehrere Theile zersplitterten Olivinkrystallen mit Netzbronzit ausgefüllt sind, wodurch eine Ausheilung oder Wiederverkittung der Bruchtheile stattgefunden hat. Mit einer Druckmetamorphose steht diese Thatsache in scharfem Widerspruch. Eine solche Möglichkeit könnte nur anerkannt werden, wenn man den Netzbronzit als mechanisches Zerreibsel auffasst, was nach der Art der Ausbildung des Bronzit nicht zugegeben werden kann. Der als Bindemittel auftretende blätterig-faserig entwickelte Bronzit ist aus schmelzflüssiger Masse auskrystallisirt und erscheint damit eine durch Druck erzeugte secundäre Trümmer-

structur vollständig ausgeschlossen. Die vorhandene kataklastische Zerklüftung kann dagegen durch einen raschen Temperaturwechsel, dem die angeschmolzene Chondritenmasse ausgesetzt war, erklärt werden.

Für die Entscheidung, ob eine vollständige oder nur partielle Umschmelzung des Tuffes stattgefunden hat, scheint mir das Vorkommen von Olivinen mit Glaseinschlüssen und solchen, denen Glaseinschlüsse fehlen, wichtig zu sein. Die Glaseinschlüsse finden sich nur in grösseren Olivinindividuen. Diese Olivine sind immer stark zerklüftet. Auch kehrt in ihnen die Erscheinung immer wieder, dass die durch Zerklüftung entstandenen Stücke im Kerne unveränderte Olivinsubstanz enthalten und an den Rändern gegen die Klüfte im polarisirten Lichte eine moleculare Veränderung erkennen lassen, die sich in stark gebleichten Farben kundgibt. In Olivinkörnern von geflossenem Aussehen fehlen die Glaseinschlüsse. Es liegt hier also ein ganz auffälliger habitueller Unterschied zwischen den Olivinen vor. Diese Umstände scheinen es zu bestätigen, dass die glasführenden älteren Olivine, zu denen auch die krystallographisch begrenzten Individuen gehören, aus dem Tuff unverändert übernommene Olivine sind, an denen nur die durch Bronzit ausgeheilte Zerklüftung eine secundäre Erscheinung ist. Ob aber die glasfreien Olivine wirklich jüngere, nach der Umschmelzung zu Stande gekommene Olivine sind, muss vorläufig unentschieden bleiben; auch den Balkanolivin der Chondren möchte ich bei dessen hohem Schmelzgrade nicht unbedingt als aus der Schmelze neu krystallisirten Olivin auffassen.[1])

Bei einem Tuff, der in seinen einzelnen Partien irgendwie stofflich verschieden aggregirt ist und der Erhitzung bis zur Schmelztemperatur ausgesetzt wird, muss zwischen den stofflich verschiedenen Partien eine graduelle Verschiedenheit der Schmelzbarkeit bestehen. Wenn z. B. die Schmelzung einer mit Plagioklas angereicherten Stelle bereits bis zur Verflüssigung gediehen ist, widerstehen die Olivine. In der Mitte zwischen beiden steht der Bronzit.

Aus der verschiedenen Schmelzbarkeit der einzelnen Chondritenbestandtheile und aus deren verschiedenartiger Vertheilung im ursprünglichen Tuff lassen sich die merkwürdigen Beschaffenheiten des Chondriten, wie sie oben angegeben wurden, aufklären, und unter diesem Gesichtspunkte gewinnt das Bild des Chondriten vertrautere Züge.

Unter Berücksichtigung aller geschilderten Verhältnisse liegt eine partielle Schmelzung des Tuffes vor. Damit stünde auch das Unharmonische in der Aggregirung der Bestandtheile im Einklang. Bei einer vollständigen Umschmelzung und Neukrystallisirung musste erfahrungsgemäss eine Gesteinsbildung von mehr einheitlichem Gepräge hervorgehen.

Mit der partiellen Umschmelzung des Chondriten scheint ein stattgefundener Temperaturwechsel, bestehend in einer raschen Abkühlung der Schmelze, in engster Verbindung gestanden zu haben. Ausser der Zerklüftung der grossen Olivine und Bronzite sprechen noch folgende Erscheinungen für eine rasche Erstarrung der Schmelze. Als Product einer hastigen Krystallisation sind zweifellos die Bronzitkügelchen anzusehen. Kugelbildungen erscheinen auf unserer Erde überall dort, wo natürliche Gasflüsse einer raschen Abkühlung ausgesetzt sind. Auch in plötzlich abgekühlten künstlichen Gläsern sind kugelige Ausscheidungen gewöhnlich. Ein vorzügliches Beispiel dieser

[1]) Um hierüber volle Klarheit zu erhalten, muss man den Weg des Experiments betreten. Morozewicz's experimentelle Untersuchungen über die Bildung der Minerale im Magma enthalten manche Hinweise, die auch für die Entstehung der Chondrenstructur von Belang sind. Ich erinnere nur an die „Kugelaggregate" von Olivin, die bei Herstellung von Enstatitbasalt erhalten wurden. (Tschermak, Min.-petr. Mitth., Bd. XVIII, 1899, p. 173.)

Art sah ich nach einem Brande in einer Glasfabrik. Als das Feuer ausbrach, waren zwei Glashäfen unter Feuer gesetzt, und ihre Beschickung befand sich in vollem Flusse. Bei der Löschung des Feuers wurden nun die Glasflüsse in den Häfen durch Wassergüsse einer plötzlichen Abkühlung und Erstarrung zugeführt und hiebei Hunderte von kirschgrossen weissen Kugeln, in den Sammlungen als Wollastonit bekannt, in der milchig-trüben Glasmatrix ausgeschieden.

Das optische Verhalten des Plagioklas darf ebenfalls mit einem durch rasche Erkältung herbeigeführten Krystallisationsprocess in Zusammenhang gebracht werden.

In dem durch Umschmelzung entstandenen Flusse erscheinen demnach als Erstausscheidungen die Bronzitkügelchen; dann krystallisirte der Netzbronzit, schliesslich der Plagioklas. Der Magnetkies und das Eisen haben keine Eigenform und scheinen dennoch zu den Erstausscheidungen zu gehören.

Bei diesen petrographischen Verhältnissen, die auf eine rasche Anschmelzung des Steines und ebenso rasche Abkühlung der Schmelze hinweisen, drängt sich die Vermuthung auf, dass der Chondrit eine verhältnissmässig kurze Zeit der Einwirkung einer grossen Hitze ausgesetzt war, und die gerade ausreichte, die leicht schmelzbaren Bestandtheile gänzlich und die schwer schmelzbaren Bestandtheile theilweise einzuschmelzen.

Da die structurellen Verhältnisse auf Grund der Ausbildungs- und Aggregirungsweise der Bestandtheile und der vorhandenen Zerklüftung auf Einwirkung grosser Hitze zurückzuführen sind, musste irgend ein Feuerherd bestehen, der es vermochte, die pyrogenetische Umwandlung des meteorischen Tuffes herbeizuführen.

Nach den eingehenden Betrachtungen Tschermak's über die Bildung der Meteoriten müssen wir diese als Abkömmlinge eines durch explosive vulcanische Thätigkeit zertrümmerten Himmelskörpers ansehen.

Nach dieser Theorie wäre es sehr naheliegend, dass der meteorische Krystalltuff am vulcanischen Herde, dem er seine Entstehung verdankt, auch seine Umbildung zu einem metamorphen Gesteine erfuhr. Man kann sich denken, dass der in einer vulcanischen Phase abgelagerte Tuff nachträglich eingeschmolzen wurde und durch Neukrystallisirungen seine metamorphen Gebilden verwandte Ausbildung erhielt. Nachdem die Mehrzahl der Steinmeteoriten zu den Chondriten gehören, müsste dieser Vorgang in grossem Massstabe stattgefunden haben, wie er in einem solchen Umfange auf unserer Erde nicht bekannt ist.[1]) Die Rutsch- oder Harnischflächen des Chondriten, durch welche die Chondritenmasse die Natur einer Breccie erhält, wären dann mit der erfolgten endgiltigen mechanischen Zertrümmerung der Chondritenmasse in Zusammenhang zu bringen. Die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Chondriten begünstigt am meisten die Tschermak'sche Anschauung von der Bildung der Meteoriten, denn alle Erscheinungen drängen zu der Vorstellung, dass die Meteoriten Abkömmlinge eines oder mehrerer in ihrer Masse ganz gleichartiger planetarischer Gestirne sind.

Aus dem Zusammenhange der Kometen mit den Sternschnuppen hat man die Meteoriten, deren Erscheinungen mit jenen der Sternschnuppen im Wesentlichen überein-

[1]) Am 21. Februar 1901 wurde von Anderson in Edinburg und sogleich nachher auf mehreren Sternwarten im Sternbilde des Perseus ein plötzlich aufleuchtender neuer Stern von zweiter bis dritter Grösse entdeckt, dessen Leuchtkraft ziemlich rasch wieder abnahm. Ueber die Ursache des plötzlichen Aufleuchtens des Sternes wird auch die Ansicht geäussert, „dass im Innern des Sternes Revolutionen stattfanden, die ungeheure Gluthausbrüche zur Folge hatten". Mit einem derartigen Vorgange würde die petrographische Beschaffenheit, nämlich die Einschmelzung des meteorischen Tuffes und dessen Umbildung zum Chondriten in Uebereinstimmung stehen.

stimmen, auch zu den Kometen in Beziehung gebracht. Dieser Hypothese widerspricht jedoch die Erfahrung, dass mit den Maximas der Sternschnuppen bisher keine Maxima der Meteoritenfälle beobachtet wurden. Ob wir uns nun die Vorstellung machen, dass die Meteoriten als losgelöste Bruchstücke von planetarischen Massen ihre eigenen Bahnen im Raume ziehen oder periodischen Sternschnuppen angehören, in jedem Falle darf man die Vermuthung aussprechen, dass es Meteoriten gibt, deren Bahn um die Sonne führt. Läuft diese Bahn nahe an der Sonnenatmosphäre vorüber oder ist der Meteorit zufolge seiner planetarischen Fluggeschwindigkeit im Stande, die obere Region der Sonnenatmosphäre selbst zu durchfliegen, so wie ein Meteorit auch die Erdatmosphäre durchschneidet, ohne auf die Erde herunterzustürzen, so ist die Hitze dieser Sonnenregion voraussichtlich genügend, um das Material des meteorischen Tuffes einer graduell verschiedenen Umschmelzung zuzuführen. Durch die hiebei plötzlich eingetretene Erhitzung und durch die ebenso rasch erfolgte Abkühlung der erzeugten Schmelze in der Tuffmasse würde sich auch auf diese Weise der ursächliche Zusammenhang für die so merkwürdige petrographische Beschaffenheit des Chondriten ableiten lassen. Die Entscheidung darüber, ob die beanspruchte Hitze von circa 1500—2000° Celsius in den Grenzzonen der Sonnenatmosphäre vorhanden ist, muss den Astronomen zugewiesen werden. Wenn tuffige Steine auf diesem Wege ihre chondritische Ausbildung erhalten, so wären vorkommende Harnischflächen durch Zusammenstoss derselben mit anderen Meteoriten zu erklären, deren ja eine ungeheuerliche Zahl im Raume kreisen müssen.

Wenn man die petrographischen Eigenschaften des Steines von Zavid zusammenfasst, um daraus jenes Charakteristicum auszuwählen, das dem Steine (abgesehen von den Chondren) das typische Gepräge verleiht, so scheint mir, dass die netzartige Vertheilung des Bronzit dieses typische Merkmal ist, für das man sich als classificatorisches Kennzeichen zu entscheiden hat. Das Bronzitnetz markirt vortrefflich die Tuffnatur, es durchspinnt den ganzen Stein und bildet dessen schwammiges Gerüst. Diese Ausbildungsweise im Zavider Steine scheint nach meiner Erfahrung auch den meisten übrigen Chondriten zuzukommen. Das Bronzitnetz hat demnach eine allgemeine Bedeutung für die Chondriten und lässt sich als oberster Eintheilungsgrund bei einer petrographischen Classification der Chondriten verwenden. Um die Bauart des Steines von Zavid kurz und treffend auszudrücken, bezeichne ich ihn als Reticular- oder Netzchondrit und mache den Vorschlag, diese Bezeichnung auch allen anderen Chondriten von gleicher Beschaffenheit beizulegen.

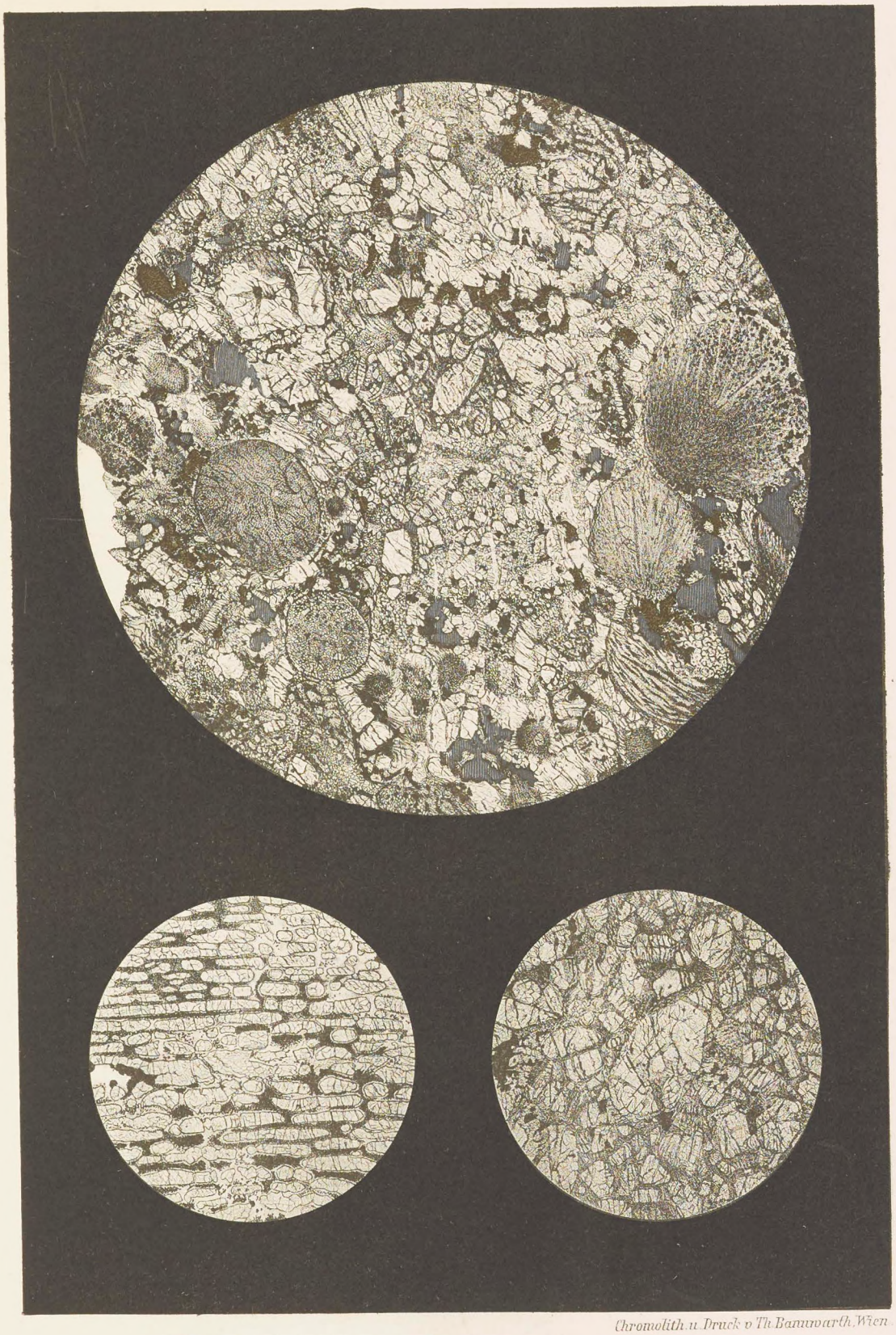
Tafelerklärung.

Alle drei Bilder auf Tafel XVII sind im gewöhnlichen Lichte nach der Natur gezeichnet.

Das grosse Bild (Vergr. 30 ×) veranschaulicht das mikroskopische Gefüge des Chondriten. Vier Chondren begrenzen paarweise links und rechts das Bild. Eines davon, das links gelegene, ist ein „gekörntes Olivinchondrum“ mit einer Bronzitkappe. Die übrigen drei Kugeln sind Bronzitchondren. Das Kügelchen links ist nahe parallel der Tafelfläche eines Bronzitblattes angeschnitten und bisher als „dichtes Bronzitchondrum“ bekannt. Die Ausschnitte der beiden Chondren rechts zeigen den excentrisch faserig-blätterigen Bau. Die zu oberst gelegene Kugel führt Magnetkieskörnchen in schleuderartiger Vertheilung, die grösseren Körnchen nach aussen lagernd. Der übrige Theil des Bildes zeigt recht deutlich die Tuffstructur des Steines. Krystalle von Olivin oder deren Bruchstücke und Körner, in minderer Menge auch solche von Bronzit, liegen als ursprüngliche Tuffgemengtheile in einem durch nachträgliche Umschmelzung gebildeten krystallinischen Zwischenmittel von Bronzit (Netzbronzit), das auf Schnittebenen als Netz erscheint, geradeso, wie ein solches durch die verschiedensten Bindemittel mit wechselnden Formen in klastischen Gesteinen unserer Erde zu Stande kommt. Von den Erztheilen ist der Magnetkies bronzegelb, das Eisen eisengrau und der Chromit schwarz gefärbt.

Im kleinen Bilde unten rechts ist eine Partie des Bronzitnetzes in vergrössertem Massstabe wiedergegeben (Vergr. 88 ×). Das graugefärbte Bronzitnetz umschliesst grosse und kleine Olivinkrystalle und Bruchstücke. Die schwarzen Körner sind Eisen und Magnetkies.

Das kleine Bild unten links zeigt Balkenolivin eines „gefächerten Olivinchondrum“. Die Balken sind nach der Hauptaxe gestreckt und parallel (100) angeschnitten. Wenn die Balken Querschnitte von Blättern darstellen, so liegen die Lamellen parallel der Fläche (010). Lamellare Ausbildung scheint jedoch nicht vorzuliegen, da in vielen anderen gleichgebauten Chondren niemals eine lamellare Ausbildung des Balkenolivins beobachtet wurde. Die Balken sind untereinander parallel orientirt und in pegmatitischer Art mit Plagioklas verwachsen. Im Plagioklas ist stellenweise dichter Chromitstaub angesammelt (im Bilde schwarz), der stets durch eine chromitfreie Plagioklaszone vom Olivin geschieden ist (Vergr. 225 ×).



Chromolith. u. Druck v. Th. Bannwarth, Wien.

Mikroskopische Structur des Meteorsteines von Zavid.

(Siehe Tafelerklärung auf S. 426.)